Ueber

abnorme Bildung von Harzbehältern

und

andere zugleich auftretende anatomische Veränderungen im Holze erkrankter Coniferen.

Ein Beitrag zur Phytopathologie.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät zu München

vorgelegt von

Alexander P. Anderson

(M. S. University of Minnesota)

aus

Minneapolis, Vereinigte Staaten. Amerika.

M. Rieger'sche

Universitäts-Buchhandlung

München, Odeonsplatz 2

1896.

Ueber

abnorme Bildung von Harzbehältern

und

andere zugleich auftretende anatomische Veränderungen im Holze erkrankter Coniferen.

Ein Beitrag zur Phytopathologie.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät zu München

vorgelegt von

Alexander P. Anderson

(M. S. University of Minnesota)

aus

Minneapolis, Vereinigte Staaten. Amerika.

W. Rieger'sche

Universitäts-Buchhandlung

München, Odeonsplatz 2

1896.

Sonderabdruck aus der Forstlich-naturwissenschaftlichen Zeitschrift 1896.

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

Einleitung und Literatur 1

I. Über die Bildung und Verteilung von normalen und abnormen Harzgängen in Coniferen, die durch Spätfrost gelitten haben 3

1) Bei Pinus silvestris 3

2) Bei Picea excelsa 6

3) Bei Chamaecyparis Lawsoniana 7

II. Über Tannen-Hexenbesen (Aecidium elatinum) mit besonderer Berücksichtigung der Harzkanäle 7

A. Anatomische Vergleichung der bisher unbekannten Hexenbesen der japanischen Tanne (Abies firma) mit jenen der gemeinen Weißtanne (Abies pectinata) . 8

1) Allgemeines über die Hexenbesen von Abies firma 8

2) Anatomischer Vergleich der Hexenbesen-Nadeln von Abies firma mit den gesunden Nadeln derselben 8

3) Anatomischer Vergleich der Nadeln an Hexenbesen und der gesunden Nadeln von Abies firma mit jenen von Abies pectinata 9

4) Anatomischer Vergleich der ein- und zweijährigen Triebe von Abies firma und Abies pectinata 11

B. Neue Untersuchungen über die durch Aecidium elatinum verursachten Hexenbesen an Weißtannen und anderen bisher noch nicht untersuchten Abiesarten 13

1) Vergleich der Knospen von Weißtannen-Hexenbesen mit Knospen an gesunden Zweigen der Weißtanne 13

2) Vergleich der jungen Hexenbesen-Sproßachsen von Abies pectinata und Abies firma mit den gesunden derselben 17

3) Bildung und Verteilung von abnormen Harzkanälen im Hexenbesenholz (Aecidium elatinum) bei Abies firma, Abies Nordmanniana, Abies Cephalonica und Abies pectinata 20

III. Bildung von abnormen Harzbehältern bei Coniferen, die durch andere parasitische Pilze befallen sind 29

A. Bei Picea excelsa, Pinus Strobus und Larix japonica, die durch Agaricus melleus Vahl erkrankt sind 29

B. Bei Abies pectinata, befallen von Phoma abietina Hartig 33

C. Bei Abies pectinata und Picea excelsa, die durch Pestalozzia Hartigii Tub. erkrankt sind 36

Zusammenfassung der Hauptresultate der Untersuchung 36

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41534911_0053

Einleitung.

Normaler Weise kommen Harzkanäle in dem Holze verschiedener Nadelhölzer vor. Hauptsächlich fehlen sie niemals bei der Fichte, Kiefer und Lärche.

Doch gibt es auch Nadelholzarten, denen Harzkanäle im Holzkörper ganz fehlen; zu diesen gehören die Tannen, Tsugen und Cupressineen.

Es kommt aber sowohl vor, daß eine abnorme Bildung von Harzkanälen bei Holzarten auftritt, die auch normal schon Harzkanäle im Holze haben, als daß Harzkanäle bei Holzarten auftreten, denen dieselben sonst ganz fehlen.

Die Literatur über das abnorme Auftreten und die abnorme Bildung von Harzkanälen bei Coniferen ist sehr gering und zerstreut und meistens findet man nur nebenbei erwähnt, daß eine abnorme Harzkanalbildung vorkommt.

Daher war es wünschenswert, daß eine zusammenfassende Arbeit über diese für die Pflanzenanatomie sowohl, wie für die Pflanzenphysiologie wichtige Erscheinung in Angriff genommen würde, und ich habe mich bemüht, einen Anfang dazu zu machen.

Schon unter normalen Verhältnissen findet man Schwankungen in der Zahl, Größe und Verteilung der Harzbehälter bei den Coniferen.

Variationen in der Zahl der Harzkanäle kommen nicht nur in verschiedenen morphologischen Gliedern desselben Individuums vor, sondern auch in denselben morphologischen Gliedern derselben Pflanze. So fand z. B. Mayr*) bei einer 90jährigen Fichte auf 1 qcm Manteloberfläche der I. Section, 1,3 m über dem Boden auf der Nordseite 70, auf der Südseite 66 horizontale Harzkanäle und auf 1 qcm Manteloberfläche der IV. Sektion, 13,6 m über dem Boden, auf der Nordseite 53, auf der Südseite 64 horizontale Harzkanäle.

Da die Menge des Harzsekrets auf der Zahl und Größe der Harzbehälter beruht, so kann unter normalen Verhältnissen die Menge des Excrets in demselben morphologischen Gliede verschieden sein.

---

*) Mayr. Entstehung und Verteilung der Sekretionsorgane der Fichte und Lärche. „Bot. Centralbl." Bd. XX. 1884. S. 31—32.

Abnorme Harzbehälter können, wie bemerkt, im Holze von Coniferenarten entstehen, bei welchen sie unter normalen Verhältnissen überhaupt fehlen. Daß eigentliche Harzkanäle in Coniferenarten, wie z. B. bei den meisten Tannen, wo solche normaler Weise fehlen, schon gefunden sind, ist möglich; doch viele Angaben in der darüber verbreiteten Literatur stammen aus der Zeit, wo das Holzparenchym „einfache Harzgänge" genannt wurde, so daß leicht Verwechslungen vorkommen konnten. Daß aber alle Abiesarten Holzparenchym enthalten können, hat zuerst Kraus*) nachgewiesen.

Er fand nämlich, daß Holzparenchym (einfache Harzgänge Göpp.) zwar bei allen Abiesarten vorkommt, jedoch bei einer großen Zahl derselben außerordentlich spärlich ist.

Wenn Harzgänge im Tannenholze z. B. von Abies pectinata gefunden worden sind, dann waren sie sicher nur unter pathologischen Verhältnissen entstanden. Daß aber abnorme Harzgänge bei pathologischen Erscheinungen öfters vorkommen, werden wir später sehen.

Besonders bei solchen Pflanzen, die durch parasitische Pilze angegriffen sind, findet man Unregelmäßigkeiten in der Zahl und Verteilung der Harzbehälter. So fand schon Hartig**) bei Fichtenpflanzen, die von Agaricus melleus befallen waren, an den erkrankten Stellen eine sehr starke Vermehrung der Harzkanäle.

Auch Hartmann J.***) fand in seinen Untersuchungen über die anatomischen Veränderungen der Weißtannen-Hexenbesen, daß in den Rindedeformationen derselben eine Unregelmäßigkeit im Bau und in der Größe sowohl, als eine Vermehrung in der Zahl der Harzgänge stattgefunden hatte.

Hartig†) fand ferner bei Fichtenpflanzen, die infolge von Spätfrost sogenannte Frostringe gebildet hatten, im pathogenen Wundparenchym der Frostringe eine mehr oder weniger starke Unregelmäßigkeit in der Harzkanalbildung.

Auch bei Chamaecyparis Lawsoniana, welche durch Spätfrost gelitten hatte, fand er, daß sich in der Siebhaut derselben in einer geringeren Entfernung vom Cambium ein Kranz abnormer Harzkanäle gebildet hatte.

E. Mer††) fand bei der Einschnürungskrankheit der Tannenzweige (Phoma abietina R. Hartig), daß oberhalb der eingeschnürten Partie, hauptsächlich in dem letzten Jahrring, abnorme Harzkanäle und Harzlücken sich bilden.

---

*) Kraus Gregor; Mikrosk. Unters. über d. Bau lebender und vorweltlicher Nadelhölzer. Würzburger Naturw. Zeitschrift. B. V. S. 159.

**) Wichtige Krankheiten der Waldbäume. S. 13.

***) Hartmann J., Anatomische Vergleichung der Hexenbesen der Weißtanne mit den normalen Sprossen derselben. Inaug.-Diss. Univ. Freib. i. Baden 1892.

†) Hartig, Doppelringe als Folge von Spätfrost. Forstl. Naturwiss. Zeitschrift 1895. S. 7.

††) E. Mer, Recherches sur la maladie des branches de Sapin. Causée par la Phoma abietina R. Hartig. Journ. de Botanique 1893 S. 4.

An diese Beobachtungen über abnorme Harzbehälter werden wir nun unsere eigenen Untersuchungen und Nachuntersuchungen anschließen.

Bis weitere Untersuchungen über die Bildung von Harz in Coniferen gemacht werden, müssen wir daran festhalten, daß Harz ein Excret ist und als solches ausgeschieden wird, ohne daß es bei dem Stoffwechsel der Pflanze wieder Verwendung findet.

Wir müssen auch annehmen, daß abnorme Harzbehälter nur vorkommen, wenn die ganze Pflanze oder ein Theil derselben pathologisch beeinflußt ist.

I. Ueber die Verteilung und Bildung von normalen und abnormen Harzgängen in Coniferen, die durch Spätfrost gelitten haben.

1) Bei Pinus silvestris.

Bei dem Gefrieren junger Triebe infolge von Spätfrost und schnell folgendem Aufthauen derselben verlieren die gefrorenen Triebe ihre Turgescenz und hängen bogenförmig nach abwärts. Wenn die Triebe nun zwar stark gefroren, aber noch nicht erfroren sind, so kann es eintreten, daß ihre Gewebe die Turgescenz nicht mehr herzustellen vermögen; dann behalten die gefrorenen Triebe ihre hängende Stellung bei (conf. Hartig l. c. Tafel I.).

Durch weiteres Wachstum und Biegung solcher Triebe richtet sich die Vegetationsspitze aber wieder nach oben. An der convexen Seite eines auf diese Weise gebogenen Triebes bildet sich ein regulatorisches Gewebe in Form von sogenanntem Rotholz*) aus, welches weniger Harzgänge in der Querschnittsfläche enthält, wie die gegenüber liegende Seite ohne Rotholz. Durchschnitte durch von Spätfrost gekrümmte Triebe von Pinus silvestris ergaben mir folgende Zahlen von vertikalen Harzgängen im Holze, wenn man die Zählungen auf den beiden Querschnittshälften vornimmt:

	Auf der Querschnittshälfte mit Rotholz	Auf der Querschnittshälfte ohne Rotholz
An einjährigen Trieben	27	40
	39	57
	11	22
	25	41
An zweijährigen Trieben	46	65
	44	60

Normale hyponastische Äste von Pinus Strobus und Picea excelsa verhalten sich in derselben Weise, wie durch Spätfrost gekrümmte Triebe von Pinus silvestris. Die untere Seite mit regulatorischem Gewebe enthält

*) Den anatomischen Bau des Rothholzes hat Hartig untersucht (Forstl.-naturw. Zeitschr. 1896 Heft 4 S. 163). Er fand, daß das Rothholz der Fichte entsteht, wenn in der Richtung der Längsachse der Organe ein außergewöhnlicher Druck zu überwinden ist.

weniger vertikale Harzgänge als der obere Teil des Astes. So fand ich folgende Zahlen der vertikalen Harzgänge pro qcm bei:

	Auf der Rotholzseite:	Auf der Seite ohne Rotholz:
Pinus Strobus	29	86
	37	76
	44	60
	44	73
Picea excelsa	47	115
	52	80
	60	64
	68	120

Was dann die horizontalen Harzgänge betrifft, so finden wir, daß die Zahl auf der Rotholzseite und der Seite ohne Rotholz ebenfalls variabel ist.

Im Ganzen werden auf der Rotholzseite sowohl die vertikalen, wie die horizontalen Harzkanäle in geringerer Zahl angelegt.

An zwei-, drei- und mehrjährigen Stammtheilen der Kiefer bilden sich als Folge von Spätfrost sogenannte Doppelringe (Hartig l. c. Fig. 3 u. 4).

Ein Durchschnitt durch einen solchen Stammteil mit Frostring zeigt, daß zugleich auch eine Störung in der Verteilung der Harzkanäle eingetreten ist.

In den folgenden Tabellen geben wir die Zahl und Verteilung der Vertikalharzkanäle, welche wir in ein- bis fünfjährigen normalen Trieben von Pinus silvestris und in solchen mit Frostringen fanden, an.

I. Pinus silvestris.

Gesunde 1—4jährige Triebe unter günstigen Verhältnissen gewachsen.

Durchschnitt durch einen:	1jähr. Trieb	2j. Trieb		3jähr. Trieb*)			4jährigen Trieb*)			
Jahrring-Nro.	1	1	2	1	2	3	1	2	3	4
Radien der Jahrringe. Mikra . .	2460	2521	2257	2501	4250	3863	2318	2684	4636	5002
Kreisfläche der Jahrringe qmm . .	18	20	52	19.6	123	215	17	62	213	453
Zahl der Harzkanäle der Jahrringe .	99	146	82	120	122	144	100	87	156	206
„ „ „ „ pro qmm	5.2	7.3	1.2	6	1	0.7	6	1.4	0.7	0.4
Kreisfläche der inneren Hälfte der Jahrringe qmm			22		48	94		25	89	171
Zahl der Harzkanäle der inneren Hälfte	50	**86**	**29**	72	**36**	**24**	56	**19**	**15**	**10**
Zahl der Harzkanäle pro qmm . . .			1.3		0.75	0.25		0.76	0.16	0.058
Kreisfläche der äußeren Hälfte der Jahrringe qmm			30		75	121		37	124	282
Zahl der Harzkanäle der äußeren Hälfte	49	60	53	48	86	120	44	68	141	196
Zahl der Harzkanäle pro qmm . . .			1.76		1.1	1		1.8	1.1	0.7

*) Jahrringe von innen nach außen angeordnet.

II. Pinus silvestris.

1—5jährige Triebe, unter günstigen Verhältnissen gewachsen.
Mehrere Jahrringe mit Frostringen in Frühjahrsholz.
* = Jahrringe mit 1 Frostringe. ** = Jahrringe mit 2 Frostringen.

Durchschnitt durch einen	1jährigen Trieb	2jährigen Trieb		3jährigen Trieb						4jährigen Trieb				5jährigen Trieb				
				I			II											
Jahrring Nr.:	1	1	2*	1	2	3*	1	2**	3*	1	2	3	4*	1	2	3	4	5*
Radien der Jahrringe Mikra	2684	2659	2440	2928	2684	3903	1342	3538	2745	2135	2684	3220	4197	2391	1988	2281	2806	3940
Kreisfläche der Jahrringe qmm	23	22	60	27	72	**185**	6	69	**107**	14	59	130	**267**	18	42	79	142	283
Zahl der Harzkanäle der Jahrringe	146	108	88	153	112	167	46	134	132	88	133	145	212	107	84	105	132	221
„ „ „ pro qmm	6.4	4.8	1.5	6	1.5	0.9	7.7	2	1.2	6.3	2.2	1.1	0.8	6	2	1.3	0.9	0.7
Kreisfläche der inneren Hälfte d. Jahrringe qmm	.	.	25	.	30	81	.	24	45	.	24	57	**120**	.	18	35	65	130
Zahl der Harzkanäle der inneren Hälfte	80	45	**5**	68	34	**0**	25	**32**	**0**	42	48	32	**20**	62	31	18	11	**9**
„ „ „ pro qmm	.	.	**0.2**	.	1.1	**0**	.	**1.3**	**0**	.	2	0.56	**0.16**	.	1.7	0.5	0.16	**0.07**
Kreisfläche der äußeren Hälfte der Jahrringe qmm	.	.	35	85	42	104	.	45	62		35	73	147	.	24	44	77	153
Zahl der Harzkanäle der äußeren Hälfte	66	63	**83**	.	78	**167**	.	**102**	**132**	46	85	113	192	45	53	87	121	212
„ „ „ pro qmm	.	.	2.4	.	1.8	**1.6**	.	**2.2**	2.1	.	2.4	1.5	1.3	.	2.2	2	1.5	1.3
Zahl der Harzkanäle des Jahrringes vor d. Frostringe	.	.	**0**	.	.	**0**	.	**0**	**0**	.	.	.	**0**	.	.	.	.	**0**
„ „ „ im Frostringe selbst	.	.	**1**	.	.	**0**	.	**0**	**0**	.	.	.	**3**	.	.	.	.	**4**

Die Jahrringe sind von innen nach außen angeordnet.

Aus den vorstehenden Tabellen ersieht man, daß sowohl in allen normalen, wie in den mit Frostringen versehenen Jahrringen immer weniger Harzkanäle in der inneren Hälfte des Jahrringes, wie in der äußeren Hälfte vorhanden sind.

Mit der Zunahme des Alters der ein- bis fünfjährigen Triebe findet eine Abnahme in der Zahl der Harzkanäle pro qmm statt. Diese Abnahme ist am größten in der inneren Hälfte des Jahrringes.

Wenn in den Jahrringen Frostringe vorhanden sind, enthält mit wenigen Ausnahmen die innere Hälfte des Jahrringes keine vertikalen Harzkanäle. Im Jahrringteil vor dem Frostringe selbst, der meistens ein Drittel bis zur Hälfte des ganzen Jahrringes einnimmt, sind keine Harzkanäle vorhanden.

In dem Frostringe selbst findet man selten Harzkanäle, besonders wenn der Spätfrost frühzeitig im Frühjahre eingetreten war. In anderen Frostringen findet man hier und da einzelne Harzkanäle, die in Zahl, Größe und Verteilung mit denen normaler Jahrringe übereinstimmen.

In Jahrringen mit Frostringen sind überhaupt weniger Harzkanäle pro qmm vorhanden als in Jahrringen ohne solche.

2. Picea excelsa.

Bei der Kiefer ist die Verteilung der Harzkanäle im Holzkörper regelmäßiger, wie bei der Fichte.*) Doch bilden sich auch bei der Fichte wie bei der Kiefer weniger vertikale Harzkanäle im Frühjahrsholz, wie im Sommer- und Herbstholz. Viele von den im Herbstholz vorhandenen vertikalen Harzkanälen haben ihre Endigungen im Sommer- und Frühjahrsholz; doch sind stets mehr Harzkanäle im Sommer- als im Frühjahrholz angelegt. Diese Thatsache zeigt sich gleich, wenn man Durchschnitte durch zwei- bis zehnjährige Fichtentriebe in verschiedenen Höhen macht. Man findet dann im normalen Frühjahrsholz nur einzelne Vertikalharzkanäle.

Jahrringe bei der Fichte, die Frostringe enthalten, sind nicht von denen der Kiefer zu unterscheiden. Durchschnitte durch zehn Jahrringe mit Frostringen zeigten keine vertikalen Harzkanäle im Holzkörper vor dem Frostringe.

In der von Frost beschädigten Zone findet man, wenigstens, wenn der Frost früh eingetreten war, manche Frostringe, die gar keine Harzkanäle besitzen

Wenn der Frost spät im Frühjahre eintrat, oder wenn zwei Frostringe in einem Jahrringe sich bilden und auf diese Weise eine Störung in dem ganzen Jahrringe stattgefunden hat, bilden sich nicht selten, wie Hartig schon erwähnt (l. c. p. 7), ein ganzer Ring von Harzkanälen im Frostringe selbst.

*) Anmerkung. Daß alle Zählungen von vertikalen Harzkanälen im Holzkörper in verschiedenen Höhen desselben Jahrestriebes nur annähernd genau sein können, ist schon bekannt.

3. Chamaecyparis Lawsoniana.

Über die Bildung von Frostringen und abnormen Harzkanälen von in Frostlagen gepflanzten Chamaecyparis Lawsoniana schreibt Hartig (l. c. p. 7—8) Folgendes:

„Bei ihr habe ich auch in der Siebhaut eine Erscheinung wahrgenommen, die wahrscheinlich ebenfalls der Spätfrostwirkung zuzuschreiben ist. Im ganzen Umfange des zwei ctm starken Stämmchens zeigte die Siebhaut in geringer Entfernung von dem Cambiummantel einen Kranz von abnormen Harzkanälen, die dadurch entstanden waren, daß die Markstrahlen sich gestreckt und seitlich durch Zellteilung verbreitert hatten und daß zwischen je zwei Markstrahlen das zarthäutige, aus Siebröhren und Parenchym gebildete Gewebe auseinandergedrängt war (l. c. Fig. 6). Ich vermuthe, daß auch hier Ausscheidung von Wasser zu Eis die Ursache der Lückenbildung gewesen ist und daß sich nach dem Aufthauen des Eises die Gewebslücken nicht wieder schlossen. Die angrenzenden lebenden Organe erweiterten sich mehr oder weniger in die Lücke hinein und wurden zu Harzbildungszellen, indem sie große Mengen Harz in diese Lücken ausschieden. Besonders nach dem Zusammentrocknen der Rinde an den abgeschnittenen Stücken trat ein Kranz großer Harzperlen aus der Rinde hervor." —

Bei Chamaecyparis Lawsoniana ist die Frostwirkung von jener an der Kiefer und Fichte verschieden.

Es ist nämlich die Frosteinwirkung auf den Holzkörper nur eine geringe und dadurch ausgezeichnet, daß in dem Frostringe selbst nur wenige Störungen in den Markstrahlen eingetreten sind. Man findet zwar Vergrößerung von Markstrahl- und Jungholzzellen, aber niemals Bildung von abnormen Harzkanälen im Holzkörper selbst.

In der Siebhaut bilden sich, wie schon erwähnt, beim Gefrieren von Wasser zu Eis Lücken, die sich später nicht mehr schließen und durch Bildung und Vermehrung der umgebenden Parenchymzellen, welche nun Harz ausscheiden, als Harzkanäle funktionieren.

II. Ueber Tannen-Hexenbesen (Aecidium elatinum) mit besonderer Berücksichtigung der hiebei auftretenden pathogenen Harzkanäle.

Über die Anatomie der Weißtannen-Hexenbesen hat zuerst De-Bary*) geschrieben.

Ferner hat Hartmann (Inaug.-Diss. l. c.) die anatomischen Unterschiede zwischen kranken und gesunden Zweigen und Nadeln festgestellt.

Daß die von dem Pilz hervorgerufene Wucherung und Hypertrophie des Zweiges und Blattes an verschiedenen Arten von Tannen ähnlich seien,

*) de Bary. Über den Krebs und die Hexenbesen der Weißtanne. Bot. Zeitung 1867.

war höchst wahrscheinlich. Da man jedoch auch unter normalen Verhältnissen Verschiedenheiten im anatomischen Bau der einzelnen Arten findet, so kann schon aus diesem Grunde die Pilzwirkung an verschiedenen Arten abweichend sein.

Wir werden zuerst einen Vergleich ziehen zwischen den Hexenbesen an zwei verschiedenen Tannenarten.

A. Anatomische Vergleichung der Hexenbesen der japanischen Tanne (Abies firma) mit jenen der Weißtanne (Abies pectinata).

1. Allgemeines über die Hexenbesen von (Abies firma.)*)

Die äußere Gestalt der Hexenbesen von Abies firma ist jener der Hexenbesen von Abies pectinata sehr ähnlich. Die entsprechenden gesunden und kranken Triebe aber von A. firma sind beziehungsweise länger und dicker als die von Abies pectinata.

Die kranken Triebe zeigen denselben negativen Geotropismus, welcher bei den normalen Seitentrieben fehlt.

Die ein- und mehrjährigen kranken Triebe sind auch ungefähr zweimal so dick und relativ kürzer wie die gesunden.

Schon im April hatten sich die jungen Triebe entwickelt und zu der Zeit, als das Material gesammelt wurde, waren die jungen Hexenbesen-Triebe schon 1—6 cm lang. Die gesunden Triebe aber entwickelten sich später und waren erst $^1/_2$ bis 1 cm lang.

In der Entwicklung bleiben die Hexenbesentriebe den gesunden gegenüber zurück und ein entwickelter gesunder Trieb ist demnach meistens länger als der kranke. Die Hexenbesennadeln entwickeln sich ebenfalls früher, werden dicker und bleiben verhältnißmäßig kürzer (etwa halb so lang, wie die gesunden).

Wie bekannt, sind die Hexenbesennadeln von Abies pectinata nur einjährig und fallen im Spätherbste ab. Bei der japanischen Tanne aber bleiben die Nadeln vertrocknet auf der Rinde sitzen; daher findet man nicht selten bei fünfjährigen Trieben noch alle kranken Nadeln vorhanden.

Die kranken Nadeln der japanischen Tanne, wie bei der Weißtanne, zeigen keinen Transversal-Heliotropismus.

2. Anatomischer Vergleich der Hexenbesen-Nadeln von Abies firma mit den gesunden derselben Tanne.

Der äußere und innere Bau der gesunden Nadel von Abies firma stimmt im allgemeinen mit dem von Abies pectinata überein, mit Ausnahme, daß in dem Schwammparenchym an beiden Seiten des Leitbündels der Abies firma-Nadel 4—7 sehr große und dickwandige, mit sehr engen Zelllumen versehene verholzte Fasern vorhanden sind.

*) Das Hexenbesen-Material war im April 1890 zu Takaosan in Japan von Dr. H. Mayr gesammelt und bisher nicht näher untersucht worden.

Bei der kranken Nadel fehlen solche Fasern vollständig.

Der Endodermisring bei der Nadel der japanischen Tanne ist auch deutlicher und mehr differenzirt als bei der Weißtannen-Nadel.

Schon im April findet man bei der jungen Hexenbesen-Nadel das Pilzmycel sowohl, als Spermogonien. In der April-Nadel sind Aecidien noch nicht vorhanden, aber in allen den alten und vertrockneten ein- und fünfjährigen Nadeln findet man die Überreste der Aecidien.

3. Anatomische Vergleiche der Hexenbesen und gesunden Nadeln von Abies firma und Abies pectinata.

Die Weißtanne (Abies pectinata) Hartmann's*) Hauptunterschiede der kranken und gesunden Nadel.	Die japanische Tanne (Abies firma) Nach unseren neuen Untersuchungen:
1) Sind weniger Spaltöffnungsreihen zu beiden Seiten des Mittelnervs. (Bei der gesunden Nadel sind deren 9 bis 12, bei der kranken 5 bis 6 Reihen zu beiden Seiten;	1) Bei der gesunden Nadel sind 9 bis 14, bei der kranken 7 bis 10 Spaltöffnungsreihen zu beiden Seiten des Mittelnervs.
2) ist die Cuticula schwach verdickt;	2) Stimmt überein.
3) sind die Epidermiszellen nur vereinzelt verdickt und von sehr verschiedener Größe;	3) Die Außenwand ist bei allen kranken Epidermiszellen immer stärker verdickt als die Innenwand.
4) sind die hypodermalen Fasern nur vereinzelt verdickt;	4) Hypodermale Fasern sind überhaupt weniger verdickt und weniger vorhanden wie bei der gesunden Nadel.
5) Sind die Harzgänge kleiner als bei der gesunden Nadel, unregelmäßig, nicht kreisrund und von wenigen Zellen umgeben, wie bei der gesunden;	5) Bei den jungen April-Nadeln sind die Harzgänge nicht unregelmäßig gebaut, sondern elliptisch oder kreisrund wie in den gesunden. Später mit der weiteren Entwickelung der Nadel und des Pilzmycels verlieren die Harzgänge ihre Regelmäßigkeit und können oft kaum als Harzgänge von den Schwammparenchymzellen unterschieden werden. In den den Harzgang umgebenden Epithelzellen und in dem Harzgange selbst finden wir niemals, daß das Pilzmycel sich verbreitet.

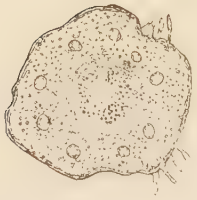
*) F. Hartmann, Anatom. Vergleichung der Hexenbesen der Weißtanne mit den normalen Sprossen derselben. Inaug.-Dissertation. Freiburg i. B. 1892.

6) sind harzabsondernde Zellen nicht tangential gestreckt. Dieselben, sowie der zweite den Harzgang umgebende Zellkreis sind von ungleich großen Zellen gebildet;	6) Bei jungen und regelmäßigeren Harzgängen sind die harzabsondernden Zellen mehr kreisförmig, von ungleicher Größe und daher nicht tangential gestreckt.
7) sind die Zellen des zweiten, den Harzgang umgebenden Ringes nicht verdickt;	7) Stimmt überein.
8) ist das Parenchym in Palissaden- und Schwammparenchym nicht differenziert, besteht aus ungleich großen Zellen und hat größere Intercellularräume, sowie ist stärker entwickelt;	8) Bei der kranken Nadel sind die Parenchymzellen größer, aber nicht in größerer Zahl vorhanden;
9) Sind die Parenchymzellen arm an Chlorophyll und Stärke;	9) Stärkekörner findet man bei der kranken Nadel selten; trotz des Chlorophyllmangels sind die jungen Nadeln außerordentlich gut ernährt.
10) ist der Endodermisring als solcher nicht von dem Parenchym zu unterscheiden, da er aus unregelmäßig liegenden Zellen gebildet wird;	10) Da der Endodermisring bei der japanischen Tanne stärker entwickelt ist, wie bei der Weißtanne, so findet man ihn auch bei kranken Nadeln nicht selten deutlich ausgebildet.
11) sind im verholzten Parenchym wenig oder gar keine Fasern;	11) Wie bei der gesunden Nadel sind auch bei der kranken mehr Fasern als bei der Weißtannen-Nadel vorhanden sind.
12) sind die Gefäßbündel aus wenigen Zellreihen bestehend; die einzelnen Zellen sind nicht stark verdickt und unregelmäßig angeordnet;	12) Einzelne Zellen sind nicht selten stark verdickt. Die Markstrahlenreihen kann man noch unterscheiden.
13) ist verholztes Parenchym spärlich vorhanden.	13) Stimmt überein.
14) sind weniger behöft getüpfelte Zellen des Transfusionsgewebes als bei der gesunden Nadel vorhanden.	14) Stimmt überein.

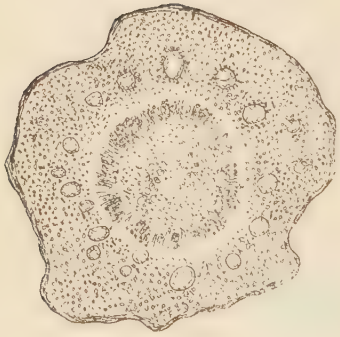
4. Anatomischer Vergleich der ein- und zweijährigen Triebe von Abies firma und Abies pectinata.

Die Weißtanne. (Abies pectinata)	Die japanische Tanne (Abies firma)
Nach Hartmann, Hauptunterschiede der krank. und gesunden Achsen (l. c. p. 36).	Nach unseren neuen Untersuchungen:
1) Periderm beim kranken Zweig stärker entwickelt, als beim gesunden;	1) In vielen Fällen, wenigstens in einjährigen Trieben, findet man keinen Unterschied zwischen krankem und gesundem Periderm.
2) Hypodermale Collenchym-Zellen nicht verdickt;	2) Je nach dem Wachstum des Pilzes sind die hypodermalen Collenchymzellen entweder verdickt oder nicht.
3) Harzgänge ungleich groß und sehr zerstreut liegend, dagegen zahlreicher vorhanden.	3) Beim einjährigen (vorjährigen) kranken Triebe sind weniger lebende und funktionierende Harzgänge vorhanden als beim ebengebildeten jungen Apriltrieb, weil mehrere ihre Funktion verloren haben. Doch sind mehr Harzkanäle wie im gesunden Triebe vorhanden.
4) Harzabsondernde Zellen ungleich groß, der zweite Zellkreis nicht verdickt.	4) Zweiter Zellkreis selten verdickt.
5) Rindenparenchym unregelmäßig, etwa doppelt so stark angelegt, als beim gesunden Holz.	5) Rindenparenchym stärker angelegt wegen der größeren und zahlreicheren Parenchymzellen.
6) Bastfasern weniger vorhanden als bei gesundem Holz.	6) Zusammen mit weniger Bastfasern bildet sich im Siebteil überhaupt mehr Bastparenchym beim kranken Trieb.
7) Holzteil sowohl wie Siebteil des Gefäßbündels entsprechend der Entwicklung der Rinde und des Markes weniger entwickelt.	7) Holzteil von Hexenbesen-Beulen stärker entwickelt. Bastteil von Beulen enthält weniger Bastfasern sowohl als Siebröhren, aber mehr Bastparenchym.
8) Siebteil des Gefäßbündels unregelmäßig.	8) Der Verlauf der Bastteil-Elemente wenigstens in den Beulen ist unregelmäßiger als beim gesunden Zweig.

9) Jahresringe des Holzteils meist aus Breitfasern und dünnwandigen Randfasern bestehend.	9) Holzfasern beim kranken Holz überhaupt dickwandiger als beim gesunden.
10) Jahresringe im zweiten und in späteren Jahren geringer entwickelt, als bei dem gesunden Holz.	10) In Hexenbesen-Beulen bei Abies firma sowohl als bei Abies pectinata ist der Holzzuwachs immer größer bei den kranken als bei den gesunden Trieben.
11) Markzellen dichter, kürzer; ihre Zellwandungen verdickt, stark mit Poren versehen.	11) Stimmt überein.
12) Sklerenchymzellen zu Zellnestern vereinigt.	12) Stimmt überein. Sklerenchymzellen im Marke überhaupt mehr bei kranken als bei gesunden Trieben vorhanden.
13) Markzellen durch die Nester von Sklerenchymzellen nicht aus ihrer Längsrichtung abgelenkt.	13) Stimmt überein.
14) Mark etwa doppelt so stark angelegt, als beim gesunden Holz.	14) Mark in der Querschnittsfläche nicht selten 3—4mal so stark angelegt als beim gesunden Holz.
	15) Markstrahlen aus mehr Zellen bestehend und zahlreicher vorhanden.



Figur 1.
Querschnitt an der Basis der gesunden Vegetationsspitze von Abies firma im April. Epidermis-Haare vorhanden.



Figur 2.
Querschnitt an der Basis der kranken Vegetationsspitze von Abies firma im April.

Im Mark sind schon Nester von Sklerenchymzellen und in der Rinde sind die Harzkanäle in abnormer Anzahl vorhanden.

Beim kranken Triebe bilden sich keine Epidermis-Haare.

Dieselbe Vergrößerung wie Fig. 1.

B. Untersuchungen über die von Aecidium elatinum erzeugten Hexenbesen an Weißtannen und verschiedenen anderen bisher nicht untersuchten Abiesarten.

1) Vergleich der Weißtannen-Hexenbesenknospen mit den gesunden derselben.

Die Morphologie der gesunden, sich im Winterzustande befindlichen Weißtannenknospen ist schon bekannt und braucht nicht hier weiter besprochen zu werden.

Wie die einjährigen Triebe der Hexenbesen sind auch die Hexenbesenknospen verhältnismäßig größer wie die gesunden. Sie sind dicker und nicht zugespitzt, sondern abgerundet und mehr kugelförmig wie die normalen.

Wegen des Abfallens aller Hexenbesen-Nadeln im Spätherbst sind wie die Triebe so die Knospen ohne Nadelschutz und nur von Knospenschuppen bedeckt.

Die Hexenbesenschuppen scheiden Harz aus und es sind daher die Hexenbesenknospen auf diese Weise gerade so gut geschützt wie die normalen.

Auf den ersten Blick bemerkt man auch, daß die Hexenbesenknospen mit mehr Knospenschuppen wie die normalen Knospen bedeckt sind. In der folgenden Tabelle ist die Schuppenzahl angegeben von Knospen, die an Hexenbesen und solchen, die an normalen Trieben desselben Baumes gewachsen sind.

	Knospe-Nr.	Gesamt-Knospen-schuppenzahl	Zahl der äußersten und bloßgestellten Schuppen	Zahl der Innenschuppen
Gesunde Nadeln	1	25	10	15
	2	26	10	16
	3	29	12	17
	4	32	13	19
	5	34	16	18
	6	35	14	21
	7	36	14	22
	8	37	15	22
Hexenbesen-Knospen:	1	32	18	14
	2	34	20	14
	3	36	22	14
	4	37	23	14
	5	38	22	16
	6	39	19	20
	7	40	26	14
	8	43	24	19

Die Ursache für die Bildung zahlreicherer Knospenschuppen der Hexenbesen ist schwer zu geben, weil gerade so viel oder noch mehr Nadeln an dem

Hexenbesentrieb sich bilden wie beim normalen Jahrestriebe. Wie bekannt, beginnt das Längenwachstum von dem Hexenbesentriebe früher im Frühjahre wie das der normalen Triebe; auch hört es früher im Herbste wieder auf. Diese letztere Thatsache sowohl, als das frühe Abfallen von allen Hexenbesennadeln, die bei den normalen Knospen als Schutzorgane funktionieren, erklärt die Notwendigkeit der Mehrzahl von Hexenbesenschuppen.

Die Hexenbesen-Knospenschuppen sind auch bedeutend kleiner, häufig halb so lang und breit wie die normalen Schuppen und wohl auch deswegen braucht eine Hexenbesenknospe mehr Schuppen für ihre Bedeckung.

Wie schon Grüß*) zeigte, sind die äußersten Schuppen der Weißtanne durch Sklerotisieren ihrer Epidermiszellen auf der Blattunterseite gegen Austrocknung sehr gut geschützt. Vgl. auch Grüß, Pinus Laricio l. c. p. 13 und Göbel, Pinus Austriaca**).

In dieser Hinsicht verhalten sich die äußersten Hexenbesenschuppen gerade so wie die normalen. Alle Epidermiszellen der Schuppen, die nach außen bloßgestellt sind, sklerotisieren; daher sind mehr Schuppen mit sklerotisierter Epidermis in Hexenknospen als bei normalen vorhanden, weil mehr Hexenbesenschuppen nach außen bloßgestellt sind.

Wie Busse***) schon erwähnt, besitzen die äußersten Weißtannenknospenschuppen Epidermis-Haare; auch besitzen die Innenschuppen haarförmige Organe am Knospenrand (Vgl. v: Tubeuf†).

Bei Hexenbesenschuppen sind Epidermishaare selten vorhanden und, wenn sie vorhanden sind, werden dieselben von wenigen Zellen gebildet; meistens sind sie nur einzellige, Epidermis-papillen-ähnliche Auswüchse.

Die haarförmigen Randorgane sind bei Hexenbesenschuppen den normalen ähnlich. Die äußersten Schuppen besitzen auch diese fadenförmigen Organe, welche hier früh vertrocknen. Die äußersten Zellen von diesen Haaren sind meistens mit Harz erfüllt.

Wie die Schuppen-Epidermishaare so verhalten sich auch die Spaltöffnungen. Bei normalen Schuppen sind sie sowohl mehr regelmäßig an-

*) Grüß, die Knospenschuppen der Coniferen und deren Anpassung an Standort und Klima. Inaug.-Diss. 1885 Fig. 6.

**) Göbel, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Blattes. Botan. Ztg. 1880 p. 773.

***) Busse, Beiträge zur Kenntnis der Morphologie u. Jahresperiode der Weißtanne. Inaug.-Diss. Flora 1893. S. 21.

†) v. Tubeuf, Die Haarbildung der Coniferen. Forstl.-naturw. Zeitschrift 1896. S. 19.

geordnet, als größer wie bei kranken Schuppen. Spaltöffnungen an Knospenschuppen findet man bei kranken sowohl, wie bei normalen Schuppen an der Basis der untersten (äußersten) Seite und nur an dem Teil, der von der nächst unteren Schuppe bedeckt ist. Die Verteilung der Spaltöffnungen ist nicht — wie bei Nadeln — in Reihen an beiden Seiten des Mittelnervs angeordnet, sondern sie sind zerstreut an den Knospenschuppen und bilden sich auch an dem Mittelnerv selbst.

Was nun den anatomischen Bau der normalen Knospenschuppen betrifft, so ist es schon bekannt, daß die Schuppen meistens dieselben Organe wie die gewöhnlichen Nadeln besitzen und von diesen nur insoferne verschieden sind, als gewisse Organe eine Rückbildung und anderseits besonders die Schutzorgane eine Vermehrung in den Elementen und die Zellwand eine Verdickung erfahren haben.

Wie schon Goebel erwähnt (l. c. p. 778), besitzen die Weißtannenknospenschuppen wie die gewöhnlichen Nadeln je zwei median verlaufende Harzgänge und ein zwischen ihnen liegendes reduciertes Central-Gefäßbündel. Bei den innersten Schuppen fehlen nicht selten überhaupt die Harzgänge sowohl als die Gefäßbündel; nur bei den stark entwickelten Innenschuppen finden wir Harzgänge und Gefäßbündel vor.

Die Hexenbesenschuppen sind in ihrem anatomischen Bau nicht von den gesunden verschieden; doch hat auch hier wie bei den Hexenbesennadeln eine Rückbildung nicht nur bei den innersten, sondern auch bei den äußersten Knospenschuppen stattgefunden.

Von reduzierten Gefäßbündeln finden wir in kranken Schuppen keine Spur. Die zwei Harzgänge sind immer vorhanden, wo solche bei gesunden Schuppen vorkommen. Die Harzkanäle der kranken Schuppen sind nicht durch einen Sclerenchymring geschützt, der meistens bei normalen Schuppen vorkommt.

In der folgenden Tabelle sind Zahl und Durchmesser der Harzkanal-Epithelzellen und Durchmesser von Harzkanälen verschiedener äußerer gesunder Schuppen und von Hexenbesenschuppen angegeben.

Aus der Tab. (S. 16) erkennt man, daß die Hexenbesenschuppen, obgleich sie kleiner sind, doch in vielen Fällen abnorm größere sowohl als abnorm kleinere Harzkanäle, wie die normalen Schuppen enthalten. Die Harzkanäle der Hexenbesenschuppen besitzen ohne Rücksicht auf ihre eigene Größe abnorm größere oder kleinere Epithelzellen.

Im Winter und im Ruhezustande, in welchem das hier untersuchte Knospenmaterial gesammelt war (Februar und März 1896), sind die Hexenbesen-Vegetationskegel größer wie die normalen. So finden wir z. B., daß gerade unterhalb der Vegetationskuppe die Durchmesser von fünf gesunden Vegetationskegeln folgende sind:

200, 208, 230, 234 und 260 Mikra.

In derselben Weise waren die entsprechenden Durchmesser von fünf kranken:

270, 312, 338, 364 und 390 Mikra.

Die Hexenbesen-Vegetationskuppen und Blattanlagen sind auch verhältnismäßig größer als die bei normalen Knospen.

Die Hexenbesenkegel sowohl, wie die normalen besitzen im Winterzustand keine Harzkanäle.

Was nun die Verbreitung des Pilzmycels in den Hexenbesenknospen betrifft, so finden wir, daß in allen Schuppen, in den äußersten vertrockneten sowohl als in den Innenschuppen das Mycel ungewöhnlich stark verbreitet ist.

	Harzkanal-Nr.	Durchmesser der Harzkanäle Mikra	Zahl der Epithelzellen	Größe der Epithelzellen (Durchschnittsgröße) Mikra.
In gesunden Schuppen	1	26	13	5 × 5 7 × 10
	2	31	14	3 × 6 6 × 9
	3	34	16	3 × 4 5 × 8
	4	36	17	4 × 5 7 × 8
	5	37	16	4 × 5 5 × 8
	6	39	14	3 × 4 7 × 8
In Hexenbesenschuppen	1	13	7	5 × 6 6 × 12
	2	15	8	4 × 8 5 × 8
	3	15	9	6 × 15 7 × 7
	4	36	9	5 × 10 13 × 20
	5	46	10	5 × 8 5 × 15
	6	52	13	8 × 15 8 × 13

In vielen Fällen sind alle Parenchymzellen mit mehreren Haustorien versehen. In Schuppenharzkanälen und in den die Harzkanäle umgebenden Epithelzellen ist keine Spur von Pilzmycel vorhanden.

In den Hexenbesen-Vegetationskegeln, die noch lebendig sind, in ihren Vegetationskuppen sowohl als in ihren Blattanlagen, finden wir im Winterzustande kein Mycel. In vielen Fällen aber finden wir Vegetationskegel, die gebräunt und trocken sind. In solchen finden wir das Pilzmycel und die Ursache für ihr Absterben ist wahrscheinlich die im Sommer und Spätherbst stattgefundene Pilzmycel-Infektion gewesen.

Das Pilzmycel überwintert in den Knospenschuppen und daher findet im Frühjahre, sobald die jungen Triebe sich entwickeln, die Nadelinfektion von den innersten Knospenschuppen aus statt.

Auf diese Weise findet nicht nur die Infektion der jungen Blätter statt, sondern es verbreitet sich von den Knospenschuppen das Mycel auch in die Außenrinde, sobald diese im Frühjahre und Sommer sich bildet. In älteren Teilen der Rinde verbreitet sich das Mycel nur wenig und sehr langsam.

2. Vergleich der jungen Hexenbesen-Sproßachsen von Abies pectinata und Abies firma mit den gesunden derselben.

Es ist schon bekannt, daß sich die Hexenbesentriebe vor den gesunden entwickeln und von Anfang an schneller in Länge und Dicke wachsen.

Dieses schnellere Hexenbesentriebwachstum setzt sich bis zur Zeit der Aecidien-Bildung, wann das Längenwachstum aufhört, fort. Die kranken Nadeln vertrocknen und fallen im Spätherbste ab.

Die gesunden Triebe aber wachsen bis zu Ende der Vegetationsperiode weiter.

Wie schon erwähnt, sind auch die Hexenbesen-Vegetationsspitzen dicker als die gesunden und enthalten im Winterzustande wie die gesunden keine Harzkanäle.

Von Anfang an bleiben die kranken Sproßachsen dicker, wachsen schneller und es findet in ihnen früher eine Zelldifferenzierung aus dem Urmeristem statt. Gleichfalls werden früher im kranken Sproßscheitel Harzkanäle angelegt, die von Anfang an in größerer Zahl vorhanden sind. Siehe hierzu Fig. 1 bis 4.

In der folgenden Tabelle sind die Durchmesser von jungen kranken und gesunden Aprilsprossen mit Zahl und Größe ihrer Harzkanäle und Epithelzellen, von Abies firma und Abies pectinata angegeben.

Aus nachstehender Tabelle läßt sich ersehen, daß die kranke Vegetationsspitze im April zweimal so dick ist als die gesunde, daß die Zahl der Harzgänge schon in der kranken Vegetationsspitze dreimal so groß ist, als in der gesunden. Ein Durchschnitt des kranken Apriltriebes, 3 bis 5 mm unterhalb

Abies firma (Fig. 1 bis 4.)

Querschnitt durch:	den gesunden Apriltrieb		den kranken Apriltrieb	
	An der Basis der Vegetationsspitze	3—5 mm tiefer	An der Basis der Vegetationsspitze	3—5 mm tiefer
Trieb-Durchmesser . . Mikra	500—720	750—1050	1020—1464	1580—2318
Zahl der Harzgänge	6—10	13—16	18—30	40—75
Harzkanal-Querschnitts-Größe . Mikra	13×20 20×50 25×25 33×33	43×44 50×50 51×76 52×52	10×10 10×40 26×50 45×50	15×20 50×62 63×117 78×130
Zahl der Epithelzellen des Harzkanals im Querschnitt . . .	6—12	10—13	5—12	6—16
Epithelzellen. Durchschnittliche Größe im Querschnitt. Mikra	10×13 13×13 13×25 18×20	9×15 10×15 14×16 15×20	7×9 11×12 18×26 22×22	9×15 12×13 13×14 25×25

Abies pectinata.*)

Trieb-Durchmesser Mikra . .	793—915	1037—1080	1210—1342	1400—1485
Zahl der Harzgänge	8—10	10—11	14—16	16—17

*) Die Harzkanal-Größen, Zahl und Größe der Epithelzellen sind denjenigen von Abies firma sehr ähnlich.

der Basis der Vegetationskuppe, zeigt 3 bis 4mal so viele Harzgänge als der gesunde Apriltrieb.

Die Zahl der Harzkanäle der Querschnitts-Kreisfläche pro qmm in der kranken Rinde ist auch größer wie in der gesunden.

So finden wir z. B. in der Rinde von den oben angeführten gesunden und kranken April-Sproßachsen von Abies firma:

in der gesunden Rinde 15—23 Harzkanäle pro qmm,
„ „ kranken Rinde 24—48 „ „ „

Die Harzkanäle im gesunden Apriltriebe sind nicht regelmäßiger wie bei den kranken. Nur in der Größe (Fig. 4) sind die kranken verschieden, weil sie entweder kleiner oder abnorm groß sind.

Im Durchschnitt sind weniger harzabsondernde Zellen in kranken als bei gesunden Harzgängen vorhanden, auch sind die Epithelzellen von verschiedener Form und Größe. Die im Querschnitt eliptischen sind tangential gestreckt:

An der gesunden Vegetationsspitze und dem jungen Apriltrieb wachsen aus der Epidermis viele, meistens zweizellige Haare (Fig. 1 u. 3): Bei der kranken Vegetationsspitze und dem kranken Triebe sind solche Haare gar nicht zu finden (Fig. 2 u. 4).

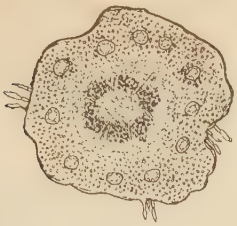


Fig. 3.
Querschnitt durch den gesunden Trieb von Abies firma im April.
5 mm unter der Basis der Vegetationsspitze.
Epidermishaare vorhanden.

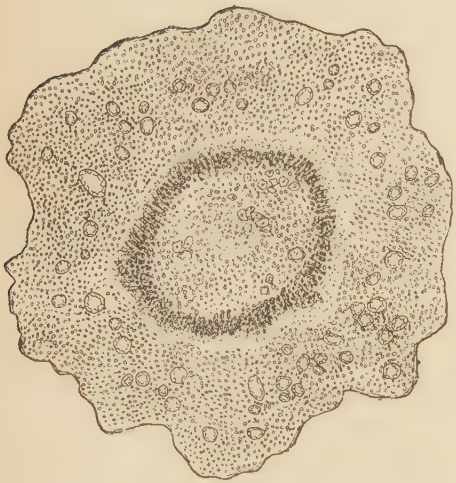


Fig. 4.
Querschnitt durch den kranken Trieb von Abies firma im April.
5 mm unter der Basis der Vegetationsspitze.
Wie an der Basis der kranken Vegetationsspitze sind die Harzkanäle der Rinde abnorm vermehrt und unregelmäßiger verteilt als beim gesunden Trieb. Im Mark sind schon dickwandige Sclerenchymzellen vorhanden. Keine Epidermishaare.
Dieselbe Vergrößerung wie Fig. 3.

Abies firma
ein- und zweijährige gesunde und kranke Triebe.

Querschnitt durch:	gesunde Triebe		kranke Triebe	
	1jährige	2jährige	1jährige	2jährige
Durchmesser . . . Mikra	1440—1800	3360—4200	2640—4800	3660—6300
Zahl der Harzgänge	10—15	19—25	22—35	29—52
Harzkanäle Querschnitts-Größe Mikra	26×26 36×36 39×50 62×92	23×62 50×55 65×100 120×120	35×35 50×75 88×115 115×175	36×36 125×180 120×250 180×180
Zahl der Epithelzellen der Harzkanäle im Querschnitt . . .	11—18	13—26	11—26	13—27
Epithelzellen, Dnrchschnittsgröße Mikra	7×8 11×13 10×10 7×9	7×8 10×13 12×17 13×16	8×10 10×20 12×20 12×28	7×13 10×20 12×25 14×26

Bei jungen gesunden Trieben von Abies pectinata sind solche Haare in größerer Menge vorhanden, wie bei Abies firma. Auch bei dem kranken

Abies pectinata-Trieb findet man Haare, aber sie sind hier meistens einzellig oder nur papillenartige Epidermisauswüchse.

In der vorstehenden Tabelle sind die Durchmesser, die Größe und Zahl der Harzgänge und Epithelzellen von ein- und zweijährigen gesunden und kranken Trieben von Abies firma angegeben.

Wenn man jetzt die Harzkanalzahl von den einjährigen Trieben mit der von der Vegetationsspitze vergleicht, so finden wir, daß mit der Entwickelung der kranken Triebe die Harzgänge mehr oder weniger ihre Regelmäßigkeit verlieren und kaum noch als Harzkanäle erkannt werden können, weil sie in vielen Fällen entweder verwachsen, zusammengepreßt oder mit Thyllen gefüllt werden.

Die harzabsondernden Zellen verlieren auch nicht selten ihre Funktion und sterben ab:

Daher findet man in den ein- und zweijährigen Trieben weniger funktionierende Harzgänge als bei dem jungen kranken Apriltrieb.

In Hexenbesen- wie bei normalen Weißtannentrieben entstehen alle Harzkanäle in der primären Rinde und werden nur in der Vegetationsspitze angelegt.

In dem Bastteil oder der sekundären Rinde finden wir niemals Harzkanäle; obgleich die älteren Rindenteile der Hexenbesen hauptsächlich in den Beulen nach dem ersten Jahre absterben, entstehen doch niemals Harzkanäle in dem noch lebenden Bastteil selbst.

Durch dieses Absterben und die Abnormitäten, welche in der primären Rinde, hauptsächlich in den Hexenbesenbeulen stattfinden, kann es schon im ersten Jahre sein, daß die Harzkanal-Communikation zwischen dem ober den Hexenbesenbeulen liegenden kranken Teile des Zweiges und dem unteren gesunden Teile geschlossen ist. Nach dem ersten Jahre sind alle Harzkanäle der primären Rinde in den Beulen abgestorben.

3. Bildung und Verteilung von abnormen Harzkanälen im Hexenbesenholz (Aecidium elatinum) von verschiedenen Arten von Abies.

Daß eigentliche Harzkanäle im normalen Holz von solchen Abiesarten, wie pectinata, firma*), cephalonica ꝛc., überhaupt fehlen, ist schon erwähnt.

Über das Vorkommen von abnormen Harzkanälen im Tannenhexenbesenholz finden wir in der Literatur nur eine Anmerkung von E. Mer (l. c. Ende S. 4), wo er schreibt, daß er auch in dem Tannenhexenbesenholz (Aecidium elatinum) abnorme Harzkanäle gefunden hat, während auch Hartmann und Heck darüber gar keine Beobachtung machten.

*) Bei Abies firma werden zwar in der Literatur Harzkanäle im Holze angegeben, doch fand ich solche nicht. Auch Mayr nimmt in seiner Monographie der Abietineen des japanischen Reiches an, daß dieselben stets pathogenen Ursprungs seien.

Wir werden daher mehrere von Aecidium elatinum verursachte Hexenbesen an verschiedenen Tannenarten beschreiben, wo hauptsächlich in dem Holze der Hexenbesenbeulen abnorme Harzkanäle immer vorhanden sind.

Da die Zahl und Verteilung der Harzkanäle in dem Holze von verschiedenen Teilen der Hexenbesen sehr verschieden ist, geben wir zuerst in den folgenden Tabellen die Harzkanalzahl und Verteilung in Beulen und Trieben der Hexenbesen sowohl, als in den gesunden Trieben, die unter und hauptsächlich über der Beule gewachsen sind.

Man ersieht aus den nachstehenden Tabellen, daß die Verteilung der Harzkanäle in dem Hexenbesenholze der hier untersuchten Abiesarten nicht weit abweicht.

In Hexenbesenbeulen kommen Harzkanäle immer schon in dem Infektionsjahre selbst vor.

In kranken und gesunden Trieben *über* der Hexenbesenbeule findet man seltener Harzkanäle. Wann aber solche vorhanden sind, findet man die Kanäle gerade so oft in den gesunden wie in den kranken Trieben. Wo z. B. (Tab. II) bei Abies Nordmanniana in der II. Sektion in dem 4. Jahrringe 13 und in dem 5. Jahrringe 25 Harzkanäle vorhanden sind, sind diese nur Endigungen von Kanälen der Beulen.

Die Kanäle der Hexenbesenbeulen haben ihre unteren Endigungen zwischen krankem und gesundem Holz und niemals findet man Harzkanäle im gesunden Holze tiefer als 6 mm unter der Beule.

Die geringste Zahl von Epithelzellen, welche ein Harzkanalende umgeben können, ist vier. Die Harzkanäle sind an beiden Enden zugespitzt und enden zuletzt blind zwischen vier Tracheiden. In Fig. 5 ist ein Harzkanal im Querschnitt circa 1 mm über seinem unteren Ende gezeichnet; auch ein Querschnitt (Fig. 6) von einem Kanal 2 bis 3 cm über Fig. 5 in Mitte der Hexenbesenbeule, wo die Kanäle der Hexenbesenbeule ihre größten Durchmesser haben.

Man findet in der Mitte der Hexenbesenbeule die meisten Harzkanäle und solche mit den größten Durchmessern.

Von der Mitte der Beule abwärts und aufwärts findet eine Abnahme der Zahl und Größe der Harzkanäle statt.

An Durchmesser und Zahl erreichen die Epithelzellen der Kanäle ihr Maximum in der Mitte der Hexenbesenbeule. Sie sind daher an ihren beiden Enden zugespitzt und mehr den Harzlücken ähnlich, als eigentliche Harzkanäle.

Manche von den in den Beulen vorhandenen Kanälen haben ihre oberen Endigungen erst in den kranken und gesunden Trieben über den Hexenbesenbeulen.

Man findet auch mehr von diesen Harzkanal-Endigungen in den gesunden als in den kranken Trieben; so sind z. B. an der Basis der kranken Triebe III bis VI (Tabelle VI B) keine Kanäle vorhanden; dagegen findet man an der Basis der gesunden Triebe VII bis X derselben Hexenbesen im Jahrring-

I. Abies firma.

		Querschnitte	Radien der Jahrringe, von innen nach außen Mikra.***) 1	2	3	4	5*	6	7**	Zahl der vertikalen Harzkanäle der Jahrringe***) 1	2	3	4	*5	6	**7	Harzkanal-Querschn. Größe Mikra	Harzkanal-zahl der Epithel-Zellen	Bemerkungen.
Gesundes Holz unter und über der Hexenbesenbeule.	I	10 cm unter der Hexenbesenbeule	360	366	610	732	1200	720	0										keine Harzkanäle.
	II	1 cm unter der Hexenbesenbeule	376	305	671	1080	1342	610	0										keine Harzkanäle.
	III	2jähriger Trieb über der Hexenbesenbeule					244	158	0										keine Harzkanäle.
Hexenbesenbeule	IV	Basis der Beule zwischen krankem und gesundem Holz	305	366	610	1200	1464	364	0						136	0	5–60	4–10	Viele von den Beulen-Harzkanälen haben ihre Endigungen hier.
	V	3 mm über IV	305	360	630	960	1200	605	14						320	0	10–72	5–11	ditto
	VI	1 cm über V	244	356	600	960	1220	1140	**48**						511	**261**	15-109	6–12	Schon im April hat sich ein ganzer Ring von Harzkanälen gebildet.
	VII	2 cm über VI. Mitte der Hexenbesenbeule		427	450	720	1440	1891	**50**					**172**	380	**273**	8–89	5–10	Mehrzahl von Harzkanälen in der oberen Hälfte der Hexenbesenbeule.
	VIII	Am oberen Ende der Hexenbesenbeule		425	610	976	1464	1342	**55**					**89**	301	**186**	10-140	4–12	
Verschiedene kranke Triebe desselben Hexenbesens	IX	2jähriger Trieb					611	793	60					0	0	0			keine Harzkanäle.
	X	3jähr. Trieb, 1 cm über der Hexenbesenbeule					960	1159	62					0	0	0			keine Harzkanäle.
	XI	4jähr. Trieb, 3 cm über der Hexenbesenbeule				960	1780	1200	72				0	0	**104**	0	8 72	6–12	im ersten und zweiten Jahrringe sind keine Harzkanäle.
	XII	5jähr. Trieb, 10 cm über der Hexenbesenbeule			560	720	965	484	28			0	0	**55**	0	0	15 - 65	5–10	

*) = Infektionsjahr. **) Schon im April neugebildeter Jahresring. ***) Die Jahrringe sind so angeordnet, daß alle in demselben Jahre gewachsenen in derselben Columne stehen.

II. Abies Nordmanniana.

		Querschnitte	Radien der Jahrringe von Innen nach außen**) Mikra						Zahl der vertikalen Harzkanäle der Jahrringe**)						Harzkanal-Querschn. Größe Mikra	Zahl der Epithelzellen der Harzkanäle	Bemerkungen
			1	2*	3	4	5	6	1	2*	3	4	5	6			
Gesunder Trieb unter und über der Hexenbesenbeule	I	6jähriger Trieb, 5 cm unter der Hexenbesenbeule . .	488	549	183	183	144	73									keine Harzkanäle. Nach dem Infektionsjahre wurden die Jahrringe immer schwächer.
	II	6jähriger Trieb 2 cm unter der Hexenbesenbeule . .	420	732	305	224	156	97				13	24	0	5—24	4—8	Die hier vorhandenen Harzkanäle sind klein und meistens Harzkanal-Endigungen.
	III	5jähriger Trieb 2 cm über der Hexenbesenbeule . .		305	341	427	240	85									keine Harzkanäle.
Hexenbesenbeule	IV	Basis der Beule zwischen krankem und gesundem Holz	366	540	305	329	427	244			6	17	50	72	8—36	4—10	viel Harzkanal-Endigungen.
	V	2 mm über IV	244	781	288	305	183	245			15	46	106	132	12—61	4—12	ditto
	VI	5 mm über V	364	424	424	684	684	488		12	73	130	135	75	12—84	4—12	
	VII	7 mm über VI, Mitte der Beule	366	732	672	672	420	720		85	103	132	57	53	15—96	6—12	Die Anzahl von Harzkanälen am größten.
	VIII	2 mm unter dem oberen Ende der Beule	245	793	524	378	216	192		20	18	41	64	83	12—75	5—10	Viele Harzkanal-Endigungen.
	IX	Oberes Ende der Beule zwischen krankem und gesundem Holz	96	300	300	336	164	97					21	0	10—36	4—8	ditto
Kranke Triebe derselben Hexenbesen	X	5jähr. Trieb 1 cm über der Beule		245	192	288	264	204				4	0	10	4—25	4—6	Im ersten und zweiten Jahrringe sind keine Harzkanäle.
	XI	3jähriger Trieb				305	427	183									keine Harzkanäle.
	XII	2jähriger Trieb					244	144									keine Harzkanäle.

*) = Infektionsjahr.

**) = Die Jahrringe sind so angeordnet, daß alle in demselben Jahre gewachsenen in derselben Columne stehen.

III. Abies cephalonica.

		Querschnitte	Radien der Jahrringe von innen nach außen. Mikra. 1*	2	3	4	Zahl der vertikalen Harzgänge der Jahrringe 1*	2	3	4	Harzkanäle Durchschn. Größe Mikra	Zahl der Epithelzellen der Harzkanäle	Bemerkungen
Gesunder Triebe unter und über der Hexenbesenbeule.	I	4jähriger Trieb, 50 cm unter der Hexenbesenbeule . .	366	610	324	85							keine Harzkanäle.
	II	3jähr. Trieb, 2 cm unter der Hexenbesenbeule		360	394	383							keine Harzkanäle.
	III	2jähr. Trieb, 10 cm über der Hexenbesenbeule . .			317	304			15	26	6—15	4–8	Der einzige gesunde Trieb über der Hexenbesenbeule, Harzkanäle im Holz.
	IV	1jähr. Trieb, 15 cm über der Hexenbesenbeule				240				0			Derselbe Trieb (III). Einjähr. Theil. keine Harzkanäle.
Hexenbesenbeule	V	Basis der Hexenbesenbeule	366	192	302	151			11	51	12—48	4–8	Die hier vorhandenen Harzkanäle sind meistens Harzkanalendigungen.
	VI	2 mm über V	246	216	300	240		8	38	59	12–48	4 8	Wie V.
	VII	4 mm über VI	246	244	408	246		14	56	95	18–56	6 10	
	VIII	5 mm über VII	324	358	358	336	12	30	74	120	20—72	7 11	
	IX	5 mm über VIII, Mitte der Beule	341	341	360	420	15	50	80	107	20—73	7—11	In der Mitte der Hexenbesenbeule sind die Harzkanäle im Querschnitt größer sowohl, als mit einer größeren Anzahl von Epithelzellen versehen.
	X	5 mm unter dem oberen Ende der Beule	120	180	360	302		29	40	46	18–72	5–11	
	XI	Oberes Ende der Beule . An der Basis des gesunden Triebes III.	72	146	183	140		18	21	40	17—49	4–12	Wie im unteren Teile der Beule sind viele Harzkanalendigungen vorhanden.
Gesund. Triebe unter und über der Hexenbesenbeule	XII	3jähr. Trieb, 5 mm über der Hexenbesenbeule . .		288	183	183				24	14—15	4—9	In dem 4. Jahre hatten sich im gesunden (III.), sowohl, als im kranken Triebe über der Hexenbesenbeule eine große Anzahl von Harzkanälen gebildet.
	XIII	2jähr. Trieb, 4 cm über der Hexenbesenbeule			240	332				23	12—25	4—9	
	XIV	Einjähriger Trieb . . .				312				0		4—7	Keine Harzkanäle

*) Infektionsjahr.

IV. Abies pectinata.

		Querschnitte	Radien der Jahrringe von innen nach außen Mikra								Zahl der Vertikal-Harzkanäle der Jahrringe.								Harzkanal-Querschn.-Größe Mikra	Bemerkungen.
			1	2*	3	4	5	6	7	8	1	2*	3	4	5	6	7	8		
Gesunde Triebe unter und über der Hexenbesenbeule	I	8jähr. Trieb 6 cm unter der Hexenbesenbeule	180	144	216	144	202	120	144	120										Keine Harzkanäle.
	II	Trieb I. 5 mm unter der Beule	144	236	180	240	108	96	300	300										Keine Harzkanäle.
	III	6jähr. Trieb 2 cm über der Beule			300	312	120	96	84	72										Keine Harzkanäle.
	IV	4jähr. Trieb. 12 cm über der Beule					142	144	140	168										Keine Harzkanäle.
Hexenbesenbeule	V	Basis der Beule	144	360	420	145	120	204	300	192				12	5	0	2	10	8—25	Meistens Harzkanal-Endigungen.
	VI	Mitte der Beule	121	145	312	720	1080	1400	1346	724		2	19	120	128	140	92	48	10—60	Anzahl von Harzkanälen am größten.
	VII	Oberes Ende der Beule an der Basis des gesunden Triebes III und IV . .			120	360	480	300	355	355				2	14	51	38	12	8—36	
	VIII	Oberes Ende der Beule an der Basis des kranken Triebes X.			240	420	420	840	360	300						14				An der Basis des gesunden Triebes sind mehr Harzkanäle als beim kranken.
	IX	Oberes Ende der Beule an der Basis des kranken Triebes XI				180	180	660	605	480								14	10—36	
Verschiedene kranke Triebe derselben Hexenbesen	X	4jähr. Trieb, 3 cm über der Hexenbesenbeule . . .					180	300	360	180										Keine Harzkanäle.
	XI	4jähr. Trieb, 3 cm über der Hexenbesenbeule					360	300	500	480										Keine Harzkanäle.
	X	2jähriger Trieb							240	360										Keine Harzkanäle.

*) = Infektionsjahr.

V. Abies pectinata.

		Querschnitte	Jahrringe von innen nach außen. Zahl der Vertikal-Harzkanäle der Jahrringe. 1	2	3*	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20**	Bemerkungen.
Gesunder Teil unter der Beule	I	4 cm unter der Basis der Beule																					Keine Harzkanäle.
	II	4 mm unter der Basis der Beule											8			11	7	15	21	10		20	Harzkanalendigungen meistens im Frühjahrsholz.
Hexenbesenbeule	III	3 mm über der Basis der Beule										11	8	30		55	63	80	107	88	78	93	Harzkanäle meistens im Frühjahrsholz
	IV	Mitte der Beule			3	33	38	3	28	20	15	20	17	14	11	13	17	6	10	8	14	40	wie III.
	V	3 mm unter dem oberen Ende der Beule								1		7	50	20	96	70	85	120	74	60	70	51	wie III.
Kranker Trieb, von der Beule herausgewachsen	VI	Basis eines kranken Triebes 5jährig																					An der Basis der kranken Triebe sind weniger Harzkanäle als bei gesunden (XII, XIV).
	VII	4 mm über der Basis des Triebes VI																					
	VIII	Basis eines kranken Triebes 4jährig																					
	IX	4 mm über der Basis des Triebes VIII																					
	X	Basis eines kranken Triebes 4jährig																					
	XI	10 cm über der Basis des Triebes X																					
Gesunder Trieb, von der Beule herausgewachsen	XII	Basis eines gesunden Triebes 6jährig																		15	42	30	
	XIII	4 mm über der Basis des Triebes XII																					Keine Harzkanäle.
	XIV	Basis eines gesunden Triebes 6jährig																				23	Schon im Juni gebildete Harzkanäle.
	XV	4 mm über der Basis des Triebes XIV																					Keine Harzkanäle.

*) = Infektionsjahr.
**) = Im Juni war ein neuer Ring bereits angelegt.

VI. Abies pectinata.

Objekt		Querschnitte	Zahl der vertikalen Harzkanäle im Jahrringe. Jahrringe von innen nach außen. 1	2*	3	4	5	6	7	Harzkanal-Querschn.-Größe Mikra	Bemerkungen.
A. Hexenbesen mit einem kranken u. einem gesunden Triebe über der Beule.	I	Basis der Beule							16	24—60	Meistens Harzkanalendigungen; 3 mm unter diesem Schnitt gibt es keine Harzkanäle.
	II	Mitte der Beule		3	7	20	15	8	4	25—73	Harzkanäle entweder im Frühjahr- oder Herbstholz.
	III	Basis des 2jähr. kranken Triebes							33	13—48	Harzkanäle im Herbstholz.
	IV	1 cm über der Basis des kranken Triebes III							1[illegible]	12—37	Harzkanäle im Spätsommer gebildet.
	V	Basis des 6jährigen gesunden Triebes						10	4	12—24	Harzkanäle im Frühjahrsholz.
	VI	1 cm über der Basis des gesunden Triebes									Keine Harzkanäle.
B. Hexenbesen mit zwei kranken und zweien gesunden Trieben über der Beule.	I	Basis der Beule				**		1	2	10—18	Harzkanal-Endigungen.
	II	Mitte der Beule				44	6	0	17	12—48	Harzkanäle entweder im Frühjahrs- oder Herbstholz.
	III	Basis des 3jährigen kranken Triebes									Keine Harzkanäle.
	IV	1 cm über der Basis des kranken Triebes III									Keine Harzkanäle. In Schnitten oberhalb sind auch keine.
	V	Basis des zweiten 3jährigen kranken Triebes									Keine Harzkanäle.
	VI	1 cm über der Basis des kranken Triebes V									Keine Harzkanäle; wie IV.
	VII	Basis des 6jährigen gesunden Triebes					6	0	15	12—48	Harzkanalverteilung unregelmäßig.
	VIII	1 cm über der Basis des gesunden Triebes VII							30	12—48	Ein Ring von Harzkanälen im Frühjahrholz.
	IX	3 cm über der Basis des gesunden Triebes VII							20	10—30	wie VII.
	X	5 cm über der Basis des gesunden Triebes VII							20	10—30	wie VIII.

*) = Infektionsjahr. Objekt A.
**) = Infektionsjahr. Objekt B.

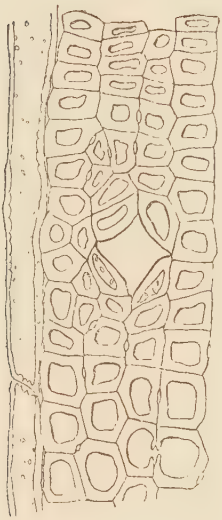


Fig. 5.
Querschnitt an der Basis der Hexenbesenbeule von Abies firma, zwischen krankem und gesundem Holz. Der Harzkanal ist ca. 1 mm über seinem unteren Ende getroffen. Die vier Epithelzellen sind getipfelt und dickwandig geworden.

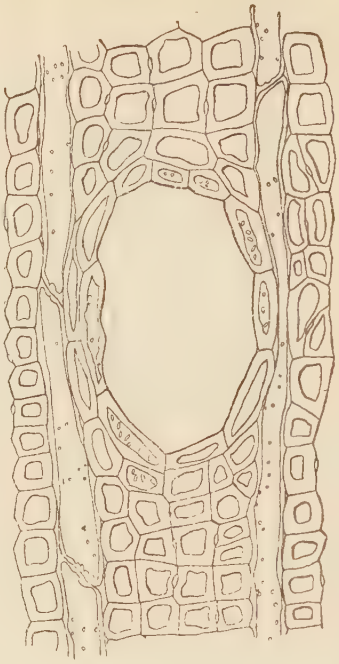


Fig. 6.
Querschnitt ungefähr in der Mitte der Hexenbesenbeule von Abies firma Die Harzkanäle sind hier im Durchmesser größer und mit mehr Epithelzellen versehen wie an beiden Enden der Hexenbesenbeule. Epithelzellen getipfelt und dickwandig,

Querschnitt 6—30 Harzkanäle. Wir finden nicht nur mehr Kanäle an den Basen der gesunden Triebe über der Beule, sondern man sieht, daß diese Kanäle weiter in den gesunden Trieben als in den kranken hinauflaufen.

Was nun die Bildung und Verteilung der Harzkanäle im Jahrringe betrifft, so finden wir, daß sie in Hexenbesenbeulen meistens zusammen mit den ersten im Frühjahre gebildeten Tracheiden angelegt werden. Die verschiedenen Stufen in ihrer Bildung sind denjenigen anderer Coniferen, hauptsächlich denen bei der Fichte ähnlich und brauchen wir hier nicht weiter darauf aufmerksam zu machen.

In Hexenbesenbeulen wird im Frühjahre nicht selten ein ganzer Ring von Harzkanälen gebildet und dann liegen die Kanäle so aneinander, daß nur die Markstrahlen als zusammengedrückte Trennungsschichten übrig bleiben (Fig. 7).

Sobald dieser Ring von Harzkanälen sich gebildet hat, werden die Tracheiden wieder angelegt. Die Harzkanal-Epithelzellen verlieren ihre Funktion und werden bald nachher in demselben Jahre dickwandig, gerade auf dieselbe Weise, wie dies bei der Fichte bekannt ist. Es scheint aber, daß sich in Tannenhexenbesenbeulen die Epithelzellen früher verdicken im Sommer als beim normalen Fichtenholz.

Wie im Frühjahrholz bildet sich nicht selten auch im Herbstholz meistens am Ende der Vegetationsperiode ein zweiter, dem im Frühjahrholz gebildeten ähnlicher Harzkanalring. Es kommt auch oft vor, daß im Frühjahrsholz keine Harzkanäle angelegt werden oder umgekehrt. Dann findet man Harzkanäle entweder nur im Frühjahr- oder im Herbstholz des Jahrringes.

Figur 7 zeigt, wie im Frühjahre die Harzkanäle sich bilden, und zwar zwischen jedem Markstrahl je ein Harzkanal. In den älteren Jahrringen sind die Harzkanäle funktionslos und nicht selten mit Thyllen (d. h. thyllenartig ausgewachsenen Epythelzellen) zugewachsen.

In den über der Hexenbesenbeule gewachsenen kranken und gesunden Trieben sind die Harzkanäle selten in Ringen angeordnet, sondern sie sind hier mehr vereinzelt und bilden sich nur im Spätsommer- und Herbstholze. Hier verlaufen die Harzkanäle auch nicht selten in der ganzen Länge des Jahrestriebes und sind in der Gestalt wie die normalen Fichtenholzharzkanäle.

Fig. 7.

Ein Teil von einem Querschnitte ungefähr in der Mitte der Hexenbesenbeule von Abies firma.

Derselbe zeigt, wie in dem Holze sich Vertikal-Harzkanäle bilden. Zwischen jedem Markstrahl bildet sich meistens ein Harzkanal.

In älteren Jahrringen sind die Harzkanäle funktionslos und mit verdickten Epithelzellen versehen, die nicht selten in den Harzkanalzellraum hinein wachsen.

a = gesunder Jahrring vor dem Infektionsjahr. Keine Harzkanäle.

b = Infektionsjahr. Harzkanäle nur im Frühjahrsholz.

c = Jahrring mit zwei Ringen von Harzkanälen, einem in dem Frühjahrs- und einem in dem Herbstholze.

d = Schon im April neu gebildeter Jahrring. Ein Ring von Harzkanälen, die alle dünnwandige und funktionierende Epithelzellen haben.

e) = Sekundäre Rinde. Keine Harzkanäle.

III. Bildung von abnormen Harzbehältern bei Coniferen, die durch andere parasitische Pilze befallen sind.

A. Bei Picea excelsa, Pinus Strobus und Larix japonica, die durch Agaricus melleus Vahl erkrankt sind.

Wie bekannt und wie Hartig (l. c. S. 13) zuerst gezeigt hat, findet eine Vermehrung der Harzbehälter in der kranken Partie von Coniferen, die durch den Wurzelpilz, Agaricus

I. Picea excelsa.

Eine 9jährige Pflanze, befallen von Agaricus melleus.

		Querschnitt	Jahrringbreiten von außen nach innen					Kreisfläche der Jahrringe qmm					Harzkanalzahl der Jahrringe					Harzkanalzahl pro qmm					Bemerkungen.
			1*	2	3	4	5	1*	2	3	4	5	1*	2	3	4	5	1*	2	3	4	5	
Wurzel	I	3jährige Wurzel	488	1220	450			6	8	0.6			16	11	8			2.6	1.4	13			
	II	5jährige Wurzel	300	1320	660	240	126	4.7	13	29	0.3		**0**	22	14	2		**0**	1.7	0.5	6		
Verschiedene Höhen der Stammteile.	III	8 cm über dem Wurzelstock 9jährig	1280	1680	1200	480	385	35	40	12	1 8		**255**	72	48	6	5	**7.3**	1.8	4	3		Pilzmycel noch vorhanden.
	IV	8 cm über III, 8jährig .	960	1560	1200	480	390	24	28	11	1.9	0.4	**315**	51	40	0	3	**13**	1.8	3.6	0	7	Kein Pilzmycel mehr vorhanden über IV.
	V	18 cm über III, 7jährig .	1140	1416	1200	475	288	27	24	10	1.4	0.3	**340**	55	44	4	2	**12**	2	4	3	6	Im letzten Krankheitsjahre vermehren sich mit der Zunahme der Krankheitserscheinungen auch die Harzkanäle. Daher ist die Mehrzahl von Harzkanälen im Herbstholz gefunden.
	VI	38 cm über III, 4jährig .	1320	1200	960	370		26	15	5	0.4		**185**	32	27	0		**7**	2	5	0		
	VII	58 cm über III, 3jährig .	1488	1190	600			23	9	1			**156**	46	0			**7**	5	0			
	VIII	76 cm über III, 2jährig .	1420	1200				17	4.5				**122**	29				**7**	6				
Aeste	IX	8jähr. Ast von derselben Höhe wie III, 2 cm über deren Basis	366	264	143	132	120	2	0.8	0.3	0.2	0.04	**84**	22	7	0	0	**42**	27	23	0	0	
	X	7jähr. Ast von derselben Höhe wie V, 8 cm üb. deren Basis	216	312	252	144	96	1.2	1.2	0.6	0.16	0.02	**78**	0	0	0	0	**65**	0	0	0	0	
	XI	3jähr. Ast von derselben Höhe wie VI, 6 cm über deren Basis	460	355	240			2	0.9	0.2			**40**	1	0			**20**	1	0			Kein Pilzmycel.
	XII	7jähr. Ast von derselben Höhe wie V, 10 cm über deren Basis	250	124	180	134	125	1	0.4	0.4	0.1		**54**	16	0	0	1	**54**	40	0	0		

*) = Infektionsjahr.

II. Pinus Strobus.

Eine 9jährige Pflanze, befallen von Agaricus melleus.

		Querschnitte.	Jahrringbreiten von außen nach innen. Mikra					Kreisfläche der Jahrringe qmm					Harzkanalzahl der Jahrringe					Harzkanalzahl pro qmm					Bemerkungen
			1*	2	3	4	5	1*	2	3	4	5	1*	2	3	4	5	1*	2	3	4	5	
Wurzeln	I	4jährige Wurzel . . .	300	1334	1200	1020		7	24	12	3		16	28	25	10		2	1	2	3		Harzkanäle von dem Pilzmycel zerstört.
	II	3jährige Wurzel . . .	540	840	724			6	6	1.6			8	13	9			1.3	2	5.6			Mark, Rinde und Harzkanäle von dem Pilzmycel zerstört.
Verschiedene Höhen der Stammteile	III	9jähriger Teil, 2 cm über dem Wurzelstock . .	1200	2400	2160	1920	720	71	115	72	39	9	**252**	89	96	85	20	**3.5**	0.8	1	2	2	Viele von den hier vorhandenen Harzkanälen vom Pilzmycel zerstört.
	IV	8jähriger Teil, 20 cm über III	1800	2280	2520	1920	1420	103	101	74	29	7	**295**	64	86	64	24	**3**	0.6	1	2	3	
	V	5jähriger Teil, 38 cm über III	1344	2640	2520	1260	600	65	94	50	10		**198**	84	43	40	16	**3**	0.9	0.8	4		
	VI	4jähriger Teil, 48 cm über III	1560	2520	2400	960		65	73	32			**205**	57	53	28		**3**	0.8	1.6			Kein Pilzmycel vorhanden; in dem kranken Jahrringe findet eine Vermehrung in d. Harzkanalzahl pro qmm statt; sonst sind die Harzkanäle wie die normalen und mit Harz erfüllt.
	VII	3jähriger Teil, 60 cm über III	1296	2460	1320			36	39	5.4			**107**	48	36			**3**	1.2	6.6			
	VIII	2jähriger Teil, 80 cm über III	1320	1320				16					**50**	46				**3**					
	IX	1jähriger Teil, 105 cm über III	780					2					**32**					**16**					
Aeste	X	8jähriger Ast von derselben Höhe wie IV .	312	600	420	216	192	3	4	1.6			**46**	18	15			**15**	4.5	9.3			
	XI	3jähriger Ast von derselben Höhe wie VII .	540	960	960			8	8				**47**	19				**6**	2.4				
	XII	2jähriger Ast von derselben Höhe wie VIII .	600	900				5	2.5				**46**	16				**9**	6.4				

*) = Infectionsjahr. Die übrigen Jahrringe sind alle gesund.

melleus, befallen sind, statt. Wir finden aber, daß nicht bloß an dieser Stelle eine Vermehrung der vertikalen Harzkanäle stattfindet, sondern daß diese in der ganzen Pflanze oberhalb der infizierten Stelle und nicht nur in der mit Pilzmycel versehenen kranken Partie zu konstatieren ist.

Wir geben zum Beweise in der vorstehenden Tab. die Zahl der im Holze vorhandenen vertikalen Harzkanäle der kranken und gesunden Jahrringe, die vor und nach dem Infektionsjahre gewachsen sind, an. Die Querschnitte sind von verschiedenen Höhen der Stammteile und Äste von Picea excelsa, Pinus Strobus und Larix japonica gemacht.

Bei Larix japonica finden wir wie bei der Fichte und Kiefer dieselbe Erscheinung — eine Vermehrung der Harzkanäle in der ganzen Pflanze, sobald die Pilzinfektion stattgefunden hat; so geben wir z. B. den Befund zweier Querschnitte oberhalb des inficierten Wurzelstockes, wo kein Pilzmycel mehr vorhanden war:

Larix japonica befallen von **Agaricus melleus**.

*) = kranker Jahrring.

	Querschnitt	Jahrringbreiten von außen nach innen Mikra					Harzkanalzahl der Jahrringe					Bemerkung
		1*	2	3	4	5	1*	2	3	4	5	
I	1 m über dem Wurzelstock. 5jähriger Teil.	**360**	612	840	1208	1213	**204**	0	8	21	32	Wegen der größeren Anzahl von Harzkanälen sind überhaupt weniger Tracheiden im kranken Jahrring wie beim gesunden vorhanden.
II.	1 m 20 cm üb. dem Wurzelstock. 4jähriger Teil.	**180**	740	648	960		**146**	2	20	18		

Man ersieht aus vorstehender Tabelle, daß die größte Anzahl von Harzkanälen im letzten kranken Jahrring bei Picea excelsa und Pinus Strobus 8–80 cm über dem Wurzelstock ist, wo kein Pilzmycel mehr vorhanden war.

Auch bei ein-, zwei- und mehrjährigen Trieben und Ästen hat sich die Harzkanalzahl vermehrt. Diese Harzkanäle sind sonst ganz normal und mit Harz erfüllt. Man findet auch, daß der Holzzuwachs des letzten Jahrringes im oberen Teile der Pflanze am größten ist. Von oben nach abwärts hat eine Abnahme in der letzten Jahrringbreite, aber eine Zunahme in der Harzkanalzahl pro qmm stattgefunden.

Anmerkung. Diese außerordentliche Fernewirkung auf Pflanzenteile, die weit von dem Krankheitsheerde liegen, zeigt, daß die Bildung der Harzkanäle nicht bloß unter direkter Einwirkung von Mycel, sondern durch den pathologisch beeinflußten Zustand der unverletzten Zellen entfernter Glieder hervorgerufen werden kann.

Im letzten, dem kranken Jahrring findet mit der Zunahme in der Krankheitserscheinung auch eine Zunahme in der Harzkanalzahl statt und daher wurde die Mehrzahl von Harzkanälen im äußersten Teile des Jahrringes gefunden.

In Wurzeln und unterhalb dem Wurzelstocke, wo das Pilzmycel auf das Cambium und die älteren Harzkanäle schon mit zerstörendem Einfluß eingewirkt hat, finden wir keine Harzkanalvermehrung in dem letzten, dem kranken Jahrringe.

B. Bei Abies pectinata, befallen von Phoma abietina Hartig.

Die Lebensweise dieses Pilzes, der an Tannenzweigen eine Krankheit verursacht, ist schon bekannt.

Wie Hartig*) schon erwähnt, kann an stärkeren Aesten nach dem Absterben der Rinde die Ernährung mit Wasser und Nährsalzen durch den Holzkörper noch einige Jahre fortgesetzt werden, so daß das Dickenwachstum oberhalb der abgestorbenen Stelle in auffälliger Weise sich fortsetzt.

E. Mer (l. c. S. 4) hat die oberhalb der eingeschnürten Partie des Astes befindlichen Teile genauer untersucht und fand eine Vermehrung in der Harz- oder Gerbstoffmenge sowohl, als das Auftreten von abnormen Harzkanälen und Harzlücken in dem Holze des letzten Jahrringes.

Abnorme Harzkanäle finden wir auch in den Zweigen oberhalb der eingeschnürten Partie und geben in folgender Tabelle deren Zahl und Verteilung pro Jahrringfläche und die Länge der Radien der einzelnen Jahrringe an.

Die abnormen Harzkanäle sind nur abnorm insoferne, als sie im Tannenholze auftreten; sonst sind sie den normalen Fichtenholz-Harzkanälen sehr ähnlich.

Im gesunden Teile des Astes, unterhalb der kranken Partie finden wir, wie bei dem Weißtannen-Hexenbesen niemals Harzkanäle. Ebenso treten in der kranken Partie selbst, an der die Rinde meistens abgestorben ist, keine Harzkanäle in dem Holze auf, weil hier nach dem Infektionsjahre meist kein Holzzuwachs mehr stattfindet.

Harzkanäle sieht man zuerst, wenn man einen Querschnitt an dem oberen Ende der eingeschnürten Partie macht. Von da bis 30 cm aufwärts gegen die Astspitze sind sie in größerer Anzahl vorhanden. Noch weiter aufwärts, gewöhnlich bis 50 cm, und in den jüngeren Zweigen, nimmt die Harzkanalzahl ab und noch weiter entfernt findet man nur selten noch Kanäle.

Was die Verteilung von diesen abnormen Harzkanälen in dem Jahrringe selbst betrifft, so finden wir, daß sie meistens im Frühjahrholz auftreten und da wie bei den Hexenbesenbeulen nicht selten einen ganzen Ring bilden. In solchen Fällen sind die einzelnen Kanäle nur von den dazwischen liegenden Markstrahlen getrennt.

*) Hartig, Lehrb. der Baumkrankheiten. II. Aufl. 1889 S. 125.

Abies pectinata.

Ein Ast befallen von Phoma abietina. Die Rinde war im ganzen Umfange der eingeschnürten Partie vom Pilz-Mycel getötet.

	Querschnitte		Radien der Jahrringe, von außen nach innen. Mikra.								Zahl der vertikalen Harzkanäle der Jahrringe.								Bemerkungen.
			1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
Gesunder Teil des Astes unter d. eingeschnürten Partie	I	6 cm unter der Basis der eingeschnürten Stelle	56	264	216	552	492	408	600	204									Keine Harzkanäle.
	II	1 cm unter der Basis der Einschnürungsstelle	84	360	360	602	552	624	636	280									
Kranke eingeschnürte Partie des Astes	III	An der Basis der eingeschnürten Partie	150	132	240	243	576	485	480	390									
	IV	Mitte der eingeschnürten Partie .	0	300	408	600	672	624	480	300									Kein Holzzuwachs im kranken Jahre.
	V	Oberes Ende der eingeschnürten Partie .	960	362	420	600	480	480	480	300	50								Ein Ring von Harzkanälen im Frühjahrsholz der kranken Jahrringe.
Gesunder Teil oberhalb der eingeschnürten Partie des Astes	VI	6 cm über V. 7jähriger Teil des Astes	540	288	276	540	540	480	360		79								
	VII	21 cm über V. 1ter Zweig 6jährig . .	264	180	192	480	480	360			72								
	VIII	32 cm über V. 2ter Zweig 5jährig . .	240	300	245	276	300				34								Wie V.
	IX	40 cm über V. 2ter Zweig 4jährig . .	360	480	360	300					5								
	X	50 cm über V. 2ter Zweig 3jährig . .	240	360	245														
	XI	58 cm über V. 2jähriger Trieb . . .	144	130															Keine Harzkanäle.
	XII	65 cm über V. 1jähriger Trieb . . .	130																

Abies pectinata und Picea excelsa.

4jährige Pflanzen, von Pestalozzia Hartigii Tub. befallen.

Objekt		Querschnitte	Radien der Jahrringe von außen nach innen Mikra.				Zahl der vertikalen Harzkanäle der Jahrringe.				Bemerkungen.
			1	2	3	4	1	2	3	4	
A. Abies pectinata. 4jährige Pflanze.	I	1 cm unter der eingeschnürten Stelle am Stengel. Gesundes Holz . .	180	168	240	264					Keine Harzkanäle.
	II	Mitte der eingeschnürten Partie. Krankes Holz	192	120	132	185					
	III	Am ober. Ende des eingeschnürten Teiles. Zwischen krankem und gesundem Holz	180	180	144	156	3				Lückenähnliche Harzbehälter.
	IV	1 cm über III. Gesundes Holz . .	600	420	164	200	4				Eigentliche Harzkanäle.
	V	1 cm über IV. 3jähriger Teil . .	540	280	144						
	VI	5 cm über IV. 2jähriger Teil . .	480	240							Keine Harzkanäle.
	VII	10 cm über IV. 1jähriger Teil . .	240								
B. Picea excelsa. 4jährige Pflanze.	VIII	5 mm unter der eingeschnürten Stelle am Stengel. Gesundes Holz . . .	12	245	240	300					Keine Harzkanäle.
	IX	Mitte der eingeschnürten inficierten Partie	0	96	216	290					
	X	Oberes Ende des eingeschnürten Teiles zwischen krankem und gesundem Holz	360	250	250		7				Eigentliche Harzkanäle zusammen mit Harzlücken.
	XI	1 mm über III	720	280	248		**28**				
	XII	1 cm über IV	415	256	180		**23**				Harzkanäle normal, aber häufiger wie bei gesunden 3jährigen Fichtenpflanzen vorhanden.
	XIII	4 cm über IV	300	260	130		**14**				
	XIV	8 cm über IV	260	180			1				

C. Bei Abies pectinata und Picea excelsa, befallen von Pestalozzia Hartigii Tub.

Diese Einschnürungskrankheit junger Holzpflanzen verhält sich, wie bekannt, gerade so wie die durch Phoma abietina an Aesten verursachte. Ein Zuwachs findet nur oberhalb der eingeschnürten und abgestorbenen Partie statt.

Eine junge Fichte, durch diesen Pilz dicht über dem Boden infiziert und eingeschnürt, ist von Tubeuf*) abgebildet. Man bemerkt gleich, daß oberhalb der eingeschnürten Stelle der Stengel ungefähr doppelt so stark ist. Hier bilden sich auch in dem Holze abnorme Harzkanäle. In der folgenden Tabelle sind die Jahrringbreiten und die Zahl der Harzkanäle, wo solche vorkommen, im Querschnitte verschiedener Teile von jungen Pflanzen von Abies pectinata und Picea excelsa angegeben.

Bei Abies pectinata kommen nur wenige Harzkanäle und auf dieselbe Weise wie bei Phoma abietina in dem Holze des letzten Jahrringes und nur oberhalb der eingeschnürten Partie vor.

Zusammen mit den eigentlichen Harzkanälen finden wir auch Harzlücken

Bei Picea excelsa, wo Harzkanäle auch im normalen Holze, aber nur in geringer Anzahl in jungen Pflanzen vorkommen, findet eine Vermehrung derselben in dem letzten und kranken Jahrringe oberhalb der kranken Partie statt. Diese Harzkanäle sind alle wie normale Fichtenholz-Harzkanäle gebaut, aber viel häufiger vorhanden.

Zusammenfassung der wichtigsten Untersuchungsergebnisse.

Über Frost-Erscheinungen.

1) Jahrringe der Kiefer und Fichte, die mit einem oder mehreren Frostringen versehen sind, enthalten im Querschnitte immer weniger Harzkanäle pro qmm, als die normalen Jahrringe, weil die die innere Hälfte und den Frostring enthaltende Zone des Jahrringes überhaupt weniger Harzkanäle enthält wie die innere Hälfte des normalen Jahrringes.
2) Bildet sich durch Frosterscheinungen an einer Seite eines Triebes regulatorisches Gewebe oder sogenanntes Rotholz, dann enthält die Seite mit Rotholz im Querschnitt immer weniger vertikale Harzkanäle als die gegenüber liegende Seite ohne Rotholz.

   Rotholz enthält überhaupt weniger vertikale Harzkanäle wie normales Holz.

Über Tannen-Hexenbesen (Aecidium elatinum.)

3) Wie die einjährigen Triebe der Weißtannen-Herenbesen sind auch die Hexenbesenknospen verhältnismäßig größer und mit kleineren aber zahlreicheren Schuppen bedeckt, wie die normalen Knospen.
4) Die Zahl der äußersten und bloß gestellten Schuppen ist im Verhältnis

*) v. Tubeuf. Pflanzenkrankheiten durch kryptogame Parasiten verursacht. 1895. S. 509. Fig. 277.

zu der gesammten Schuppenzahl bei der Hexenbesenknospe größer wie bei der gesunden und daher findet man auch bei den kranken Knospen mehr Schuppen mit sklerotisierten Epidermiszellen wie bei gesunden.

5) Die Harzkanäle der kranken Knospenschuppe sind regelmäßiger gebaut, im Durchmesser entweder abnorm groß oder klein und mit weniger und unregelmäßigeren Epithelzellen wie die gesunden Harzkanäle versehen.

6) In kranken Knospenschuppen verbreitet sich das Pilzmycel im ganzen Schuppengewebe mit Ausnahme der freien Harzkanalräume und den den Harzkanal umgebenden Epithelzellen.

7) Die kranken Knospenschuppen sind überhaupt mehr reduziert; sie sind mit weniger Spaltöffnungen, Epidermishaaren und Elementen des Leitbündels wie die gesunden Schuppen versehen.

8) In Hexenbesen-Vegetationskegeln, die noch lebendig sind, finden wir in ihren Vegetationskuppen sowohl als in ihren Blattanlagen im Winterzustande keine Harzkanäle und kein Pilzmycel.

Hexenbesen-Vegetationskuppen und Blattanlagen sind im Winterzustande größer als bei normalen Knospen.

9) In kranken Hexenbesentrieben werden im Frühjahre Harzkanäle früher in der Rinde, wie bei gesunden Trieben angelegt und sind von Anfang an in größerer Anzahl vorhanden.

10) In der Rinde der Hexenbesenbeulen kann es durch Wachstumsunregelmäßigkeiten und durch das Absterben der primären Rinde schon im ersten Jahre nach der Infektion dazu kommen, daß die Harzkanal-Communikation zwischen dem ober der Hexenbesenbeule liegenden kranken Teile des Zweiges und den unteren gesunden Rindenteilen geschlossen ist. In dem Bastteile oder der sekundären Rinde finden wir niemals Harzkanäle.

11) In dem Holze der Hexenbesenbeule kommen in jedem Jahrringe von dem Infektionsjahre an immer abnorme Harzkanäle vor. Diese Harzkanäle haben in der Mitte der Beule ihren größten Durchmesser und sind dort in größerer Anzahl vorhanden.

Von der Mitte der Beule abwärts und aufwärts nimmt die Harzkanalzahl, der Querschnittsdurchmesser und die Zahl der Epithelzellen der Harzkanäle ab, bis zu beiden Enden der Beule, wo die meisten Harzkanäle der Hexenbesenbeulen enden.

12) Im Holze des unteren Endes der Hexenbesenbeulen sind alle Harzkanäle zugespitzt und haben ihre Endigungen zwischen dem kranken und gesunden Holze.

Im oberen Ende der Beulen sind alle diejenigen Harzkanäle auch zugespitzt, die sich nicht in den kranken und gesunden Trieben oberhalb der Beule fortsetzen.

13) Mehrere von den im Holze der Hexenbesenbeulen vorhandenen Harzkanälen

setzen sich weiter in den gesunden Trieben oberhalb der Hexenbesenbeule wie in den kranken fort.

14) Harzkanäle kommen gerade so oft in dem Holze von gesunden wie von kranken Trieben oberhalb der Hexenbesenbeule vor.

15) In Hexenbesenbeulen findet man meistens einen Ring von abnormen Harzkanälen entweder im Frühjahr- oder Herbstholz. Auch bilden sich nicht selten zwei Harzkanalringe, der eine im Frühjahr- und der andere im Sommer- oder Herbstholz. Vereinzelte Harzkanäle kommen vor.

16) In kranken und gesunden Trieben oberhalb der Hexenbesenbeule findet seltener eine Harzkanal-Ringbildung in dem Holze statt. Hier fanden sich die Kanäle mehr vereinzelt und meistens nur Herbstholz.

Über Picea excelsa, Pinus Strobus und Larix japonica, befallen von Agaricus melleus.

17) Eine Vermehrung in der Zahl der vertikalen Harzkanäle findet in dem letzten und kranken Jahrringe in der ganzen Pflanze, im Stammteil sowohl als in den Ästen oberhalb des inficierten Wurzelstockes statt.

18) Mit der Zunahme der Krankheitserscheinung findet auch eine Zunahme in der Harzkanalzahl pro qmm im kranken Jahrringe der ganzen Pflanze oberhalb des Wurzelstockes statt.

19) Den größten Holzzuwachs des kranken Jahrringes findet man im oberen mit Blättern versehenen Teile der Pflanze. Von da abwärts nimmt die Breite des kranken Jahrringes ab; mit der Abnahme der Jahrringbreiten aber nimmt die Harzkanalzahl pro qmm zu.

Über Abies pectinata, befallen von Phoma abietina.

20) Abnorme Harzkanäle treten nur im gesunden Holze oberhalb der eingeschnürten und kranken Partie des Astes auf.

21) Diese abnormen Harzkanäle sind denjenigen im Holze der Tannenhexenbesen ähnlich. Ihre Epithelzellen werden im ersten Jahre verdickt.

Über Abies pectinata und Picea excelsa, befallen von Pestalozzia Hartigii.

22) Bei Abies pectinata bilden sich abnorme Harzkanäle nur im gesunden Holze oberhalb der eingeschnürten und kranken Partie des Stengels.

23) Bei Picea excelsa bildet sich eine größere Anzahl von Harzkanälen im gesunden Holze oberhalb der eingeschnürten und kranken Partie des Stengels wie bei normalen Fichtenpflanzen.

Zum Schlusse spreche ich Herrn Professor Dr. Hartig, der mir bei vorliegender Arbeit seine gütige Unterstützung zu Theil werden ließ und Herrn Dr. v. Tubeuf, unter dessen Leitung ich die Arbeit im botanischen Laboratorium der k. forstlichen Versuchsanstalt in München fertigte, und dem ich das Thema und das reichhaltige Material verdanke, den wärmsten und aufrichtigen Dank aus.

J. P. Pimmer'sche Buchdruckerei Augsburg